

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სერგო სამხარაძე

ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის ბრიკეტირების
პროცესის რეჟიმული პარამეტრების კვლევა -
ოპტიმიზაცია

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის
კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტზე/

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოც. პროფესორი გივი გოლეტიანი

რეცენზენტები:

1. ტექ. მეცნიერებათა დოქტორი სრ. პროფესორი ზაურ ჩიტაძე
2. ტექ. მეცნიერებათა დოქტორი სრ. პროფესორი თამაზ ნატრიაშვილი

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი ასოც. პროფესორი დავით ბუცხრიკიძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

პრობლემის აქტუალობა: საქართველოში, ისევე, როგორც მთელ მსოფლიოში მწვავედ დგას ენერგო მატარებლებზე მაღალი ფასების პრობლემა, რაც მარაგების ამოწურვასთან ერთად უფრო და უფრო ღრმავდება. რადგან საქართველოს არ გააჩნია ნავთობის და ბუნებრივი აირის საკმარისი მარაგი, იძულებულია, ენერგომატარებლებზე გადაიხადოს მაღალი ფასები, რაც უარყოფითად აისახება ქვეყნის ეკონომიკურ ვითარებაზე.

მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად მუშავდება უამრავი მეთოდი, რათა მოხდეს ალტერნატიული ენერგო რესურსების მოძიება.

ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ე.წ მყარი ბიოსაწვავის - ბრიკეტების წარმოება. ბიობრიკეტები მზადდება ბიოლოგიური წარმოშობის მყარი ნარჩენებისგან, როგორებიცაა: სასოფლო-სამეურნეო - სიმინდის, მზესუმზირას, თხილის, ბალახის და სხვ. ნარჩენები, მრეწველობის - ხილის, ბოსტნეულის, ქაღალდის და სხვ. ნარჩენები, ხე - ტყის გადამამუშავების - ტოტები, ნაფოტები, ბურბუშელა, ნახერხი და სხვ. ნარჩენები.

საქართველოს გააჩნია ბიონარჩენების დიდი მარაგი, რომლის გამოყენებაც ბიობრიკეტების დასამზადებლად თავისუფლად შეიძლება, აღნიშნული მარაგების გამოყენება საშუალებას მოგვცემს თავიდან ავიცილოთ ჩვენი აუნაზღაურებელი სიმდიდრის, ხე-ტყის განადგურება. ცნობისათვის, საქართველოში, მხოლოდ გასათბობად, დაახლოებით 5 მლნ. მ³ ხე-ტყე იჩეხება.

მსოფლიოში არსებობს მრავალი ტიპის მოწყობილობა, რომლებიც დღესდღეობით გამოიყენება მყარი ბიონარჩენების ბრიკეტირებისთვის. არსებული დანადგარების ღირებულება რამდენიმე ათეულ ათას ევროს შეადგენს, ამასთან დანადგარების ექსპლუატაცია მოითხოვს

ძვირადღირებული სათადარიგო ნაწილების საჭიროებას, რაც საქართველოს ბაზარზე ხშირად დეფიციტურია.

ამის გამო, საუკეთესო გამოსავლად რჩება, საქართველოში შეიქმნას თანამედროვე ტიპის ტექნოლოგიური ხაზი, რომელიც დაკომპლექტებული იქნება ადგილობრივი წარმოების მარტივი და ეფექტური მანქანა-დანადგარებით, რაც საშუალებას მოგვცემს, შევქმნათ ადგილობრივ მომხმარებელზე გათვლილი მაღალი ხარისხის პროდუქცია.

ნაშრომის მიზანი: ბრიკეტირების პროცესის ოპტიმიზაციისათვის შემუშავებული იქნას თანამედროვე ტიპის წნეხის კონსტრუქცია, დადგენილი იქნას ბრიკეტირების პროცესისთვის საჭირო რეჟიმული პარამეტრები, რაც მოგვცემს საშუალებას მიღწეული იქნას ბრიკეტების მაღალი ხარისხი.

კვლევის ამოცანები: ნაშრომის მიზნებიდან გამომდინარე საჭირო იყო შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

- საწარმოო ტექნოლოგიური ციკლის - ბრიკეტირების შესწავლა და მისი სრულყოფა საბაზრო ეკონომიკის სადღეისო მოთხოვნების შესაბამისად;
- რეჟიმული პარამეტრების დადგენა ბრიკეტირების პროცესის სრულყოფისათვის;
- წნეხის ახალი კონსტრუქციის შექმნა - ოპტიმიზაცია;

კვლევის ობიექტი:

1. საქართველოში არსებული ხის ნახერხის ბრიკეტირებით მიღებული ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავი;

2. ახალი კონსტრუქციის უნივერსალური დამწნეხი დანადგარის ექსპერიმენტალური და საწარმოო მოდელები;

მეცნიერული სიახლე: თეორიული ანალიზის და ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების შედეგად:

- დამუშავდა მყარი ბიოსაწვავის - ბრიკეტის საწარმოო ხაზი;

- შესწავლილი იქნა, ხის ნახერხის მაგალითზე, ბრიკეტების დამზადებისთვის აუცილებელი მოთხოვნები და ფიზიკური თვისებები;
- შეიქმნა ბრიკეტების დამწნეხი დანადგარი, დამუშავდა წნეხის კონსტრუქციული პარამეტრები, დადგინდა დაწნეხის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმები და პარამეტრები.

პრაქტიკული ღირებულება: ნაშრომის პრაქტიკულ ღირებულებას შეადგენენ დამწნეხი მოწყობილობების შემუშავებული სტრუქტურული და კონსტრუქციული სქემები, ასევე მათი მუშაობისათვის საჭირო რეჟიმული პარამეტრები.

სადისერტაციო ნაშრომის აპრობაცია და პუბლიკაციები: სადისერტაციო ნაშრომში შესული ექსპერიმენტები და კვლევის შედეგები მოხსენიებული იქნა გერმანია - საქართველოს სამეცნიერო ხიდის ფარგლებში გამართულ საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, აგრეთვე კვლევის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო სტატიაში, რომელებიც დაბეჭდილია მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 128 გვერდს, იგი შედგება შესავლის, ორი თავის, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. ნაშრომში წარმოდგენილია 21 ცხრილი და 73 ნახაზი.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1 ზოგადი ცნობები

ეკოლოგიურად სუფთა მყარი ბიოსაწვავი წარმოადგენს მაღალ კალორიულ სათბობ საშუალებას, რომელიც წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული, როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე საწარმოო მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად. ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავი, მყარ მდგომარეობაში, არსებობს ე.წ ბრიკეტების და პელეტების სახით. მათი

სახელწოდებები განისაზღვრა მათი წარმოების ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესის „ბრიკეტირების“ და „პელეტირების“ საშუალებით.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ბიოსაწვავის გამოყენება, ასევე მნიშვნელოვანი ეფექტის მომცემია, იქიდან გამომდინარე, რომ ტრადიციული ენერგიის რესურსების ჭარბმა გამოყენებამ მსოფლიო მიიყვანა ე.წ. გლობალური დათბობის წინაშე, რისი მიზეზიც მსოფლიოს მასშტაბით მავნე აირების და ნივთიერებების გამოყოფის მკვეთრი მატებაა.

დღესდღეობით მოპოვებადი საწვავის რესურსები ფართოდ გამოიყენება ელექტროენერგიის და სითბოს მისაღებად, რომლებიც გარემოს უხვად აბინძურებენ სხვადასხვა მავნე გამონაბოლქვი გაზებით და ნივთიერებებით. მსოფლიოს წამყვანი სახელმწიფოების მიერ გამუდმებით ხდება ხაზგასმა იმისა, რომ უნდა იქნას შემცირებული გარემოზე მავნე ზემოქმედება, მაგრამ პრობლემა, რასაც გლობალურ დათბობამდე მივყავართ უფრო და უფრო მწვავე ხდება. მყარი ბიოსაწვავის გამოყენებით შესაძლებელია იმ მძიმე დაბინძურების თავიდან აცილება, რასაც დღესდღეობით აქვს ადგილი.

თანამედროვე საზოგადოებაში ფართო ინფორმაცია არსებობს ე.წ. თხევად ბიოსაწვავთან დაკავშირებით, ხოლო საპირისპიროდ ძალიან მცირე ინფორმაცია მოიპოვება მყარი ბიოსაწვავის კვლევის სექტორში.

ჩვენს მიერ გაანალიზირებული იქნა აღნიშნული მდგომარეობა და გადაწყდა, საქართველოში მომხდარიყო სხვადასხვა ხე-ტყის ბიოლოგიური ნარჩენების, როგორიცაა ნახერხი, ნაფოტები, ტოტები, ფოთლები და სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების, როგორიცაა თხილის, სიმინდის, მზესუმზირას და სხვ. გადამუშავების ნარჩენების გამოყენება ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის საწარმოებლად.

1.2 ტექნოლოგიური ხაზი

ბიობრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზი მოიცავს: მიმღებ ბუნკერს, სადაც თავსდება ნედლეული, გადამტან შნეკურ კონვეიერს, რისი საშუალებითაც მიღებული ბიომასა გადაადგილდება სეპარატორისკენ, სადაც ხდება ნედლეულის სეპარაცია. სეპარატორიდან შნეკურ კონვეიერის საშუალებით, მაღალი სინესტის მქონე ბიომასა გადაადგილდება საშრობში, სადაც ხდება ბიომასის საჭირო სინესტემდე გამოშრობა. გამოშრობის შემდეგ, გამომტანი კონვეიერებით, გამშრალი ბიომასა გადაადგილდება წნეხის მიმღებ ბუნკერში, საიდანაც ხდება გამშრალი ბიომასის უწყვეტი მიწოდება წნეხისთვის. დაწნეხილი ბრიკეტების გამოტანა ხდება გამომტანი კონვეიერის საშუალებით.

მიუხედავად იმისა, რომ ტექნოლოგიური ხაზი შედგება სულ რამდენიმე დანადგარისგან (საშრობი, წნეხი, სეპარატორი, კონვეიერები), ტექნოლოგიურ პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს, თითოეულ დანადგარში მიმდინარე პროცესები.

ტექნოლოგიური პროცესში ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპებია: ბიომასის სასურველ ნიშნულამდე დაახლოებით 10 - 12 % - მდე გაშრობა და დაწნეხა. დაწნეხის პროცესზე, დიდ გავლენას ახდენს ბიომასის დისპერსიულობა, რადგან ნედლეულის ფრაქციის ზომებთან ერთად, იცვლება ბრიკეტირების პროცესის რეჟიმული პარამეტრები.

შრობის პროცესზე ნედლეულის დისპერსიულობასთან ერთად, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს, ნედლეულის ენდემურობა - წარმომავლობა.

ამ ფაქტორების გათვალისწინებით, ბრიკეტირების ტექნოლოგიური ხაზისათვის, შემუშავებულია მრავალი სხვადასხვა ტიპის და ქმედების დამწნეხი დანადგარები. აღნიშნული დანადგარების მრავალფეროვნება განპირობებულია იმით, რომ პრაქტიკულად ბრიკეტირების პროცესისას წარმოქმნილი რეჟიმული პარამეტრები ძალზედ ცვალებადია.

1.3 მანქანა-დანადგარების ტიპები

წნეხები თავის მხრივ, მწარმოებლობით, მუშაობის პრინციპით, კონსტრუქციით და სხვ. იყოფიან რამდენიმე ჯგუფად. ამათგან ყველაზე გავრცელებულ კონსტრუქციებს წარმოადგენენ ე.წ შნეკური, დოლური და დგუშისებური ტიპის წნეხები, რომლებიც თავის მხრივ იყოფიან პერიოდული და მუდმივი ქმედების მანქანა - დანადგარებად.

შნეკური ტიპის წნეხები, წარმოადგენენ ერთ-ერთ ფართოდ გამოყენებულ საშუალებას, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ბიომრიკეტების წარმოებისას. შნეკური ტიპის წნეხები გამოირჩევიან მაღალი მწარმოებლობით, მცირე გაბარიტებით და დაწნეხის კარგი ხარისხით.

ერთადერთი პრობლემა, რაც განაპირობებს მის მთავარ უარყოფით მხარეს, არის ის, რომ განუწყვეტელი და დიდი ხახუნის ძალების გამო, შნეკი განიცდის განუწყვეტლივ ცვეთას და საჭიროებს ხშირ შეცვლას ან აღდგენას.

დოლური ტიპის წნეხები წარმოადგენენ მაღალი მწარმოებლობის წნეხ-გრანულატორებს, მათი სახელწოდება მოდის ამ წნეხების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კვანძის დოლის სახელწოდებიდან.

იგი შესდგება, ორი ან მეტი წყვილი ურთიერთსაპირისპიროდ მოძრავი დოლისგან, რომლებზეც ერთმანეთის თანმხვედრად გაკეთებულია ჩაზნექილი ფორმები. ნედლეული, ბუნკერის საშუალებით მოთავსებულია ორივე ე.წ. მატრიცის მხეხების ცენტრზე, საიდანაც ნედლეული შნეკის საშუალებით თავსდება მატრიცების ჩაზნექილ ადგილებში. დოლის შემობრუნება იწვევს აღნიშნული ნედლეულის დაწნეხას, რის შემდეგაც დაწნეხილი ბრიკეტები (გრანულები) ვარდებიან წნეხის ქვემოთ განლაგებულ ბუნკერში.

დოლური წნეხები გამოირჩევიან მაღალი მედეგობით და მაღალი წარმადობით, მაგრამ ძალზედ მგრძნობიარენი არიან მასალების მიმართ, რადგან მოკლებული არიან დაწნეხის ძალის რეგულირებას, ასევე

შეზღუდული არიან მასალების დისპერსიულობიდან გამომდინარე, რადგან მათში მოხვედრილი ნედლეული უნდა იყოს განსაზღვრული ზომების და ფორმის, რათა შესრულდეს ტექნოლოგიური პროცესი.

დგუშისებური წნეხები, წარმოადგენენ ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ მოწყობილობებს ბიობრიკეტების დასამზადებლად.

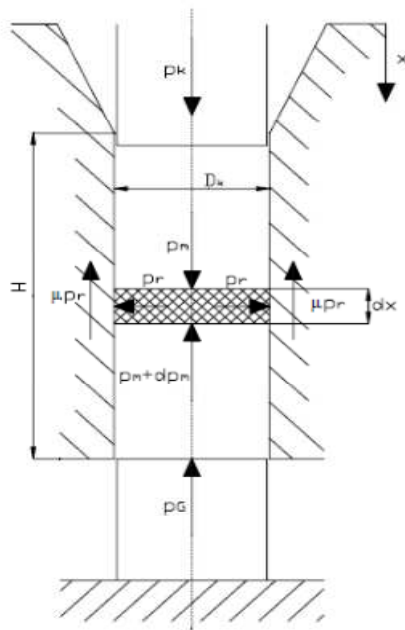
დგუშისებური წნეხები წარმოადგენენ მაღალი მწარმოებლობის მუშა დანადგარებს, ისინი გამოირჩევიან მაღალი საიმედოობით და მექანიზმების სიმარტივით, დგუშიანი წნეხები ნაკლებად განიცდიან ცვეთას, ადვილია მათი მომსახურება, რადგან არ მოითხოვენ ძვირადღირებული და იშვიათი ტიპის მარაგ ნაწილებს.

დგუშიანი წნეხები, მგრძნობიარენი არიან ნედლეულის ფრაქციის მიმართ, რადგან ფრაქციის მცირედი ცვლილებაც კი უარყოფითად აისახება პროდუქციის ხარისხზე, რის გამოც აუცილებელია გაკონტროლებული იქნას ბრიკეტირების პროცესი სრულად.

თავი 2. შედეგები და განსჯა

2.1 ბრიკეტირების პირობები ერთლერძიან ცილინდრული ფორმის დამწნეხ ბუნკერში

მაქსიმალური წნევა p_k , რომელიც იზრდება დაწნეხისას, დამოკიდებულია დამწნეხი ბუნკერის სიგრძეზე და კვეთზე; დამოკიდებულია დასაწნეხი მასალის და ბუნკერის კედელს შორის პირდაპირ ხახუნზე. პირდაპირი ხახუნი წარმოადგენს რადიალური წნევის p_r უკუქმედების შედეგს დამწნეხი ბუნკერის კედლებზე, ხახუნის კოეფიციენტის μ და დაწნეხილი ბრიკეტის სიგრძის H გათვალისწინებით.



- p_k – წნეხის გრძივი დაწნევაა (მპა);
 p_G – საწინააღმდეგო წნევაა ბუნკერში (მპა);
 p_r – რადიალური წნევა (მპა);
 p_m – გრძივი დაწნევაა ბრიკეტზე (მპა);
 D_k – დამწნეხი ბუნკერის სიგანეა (მმ);
 μ – ხახუნის კოეფიციენტი;

H – დაწნეხილი ბრიკეტის სიგრძეა (მმ);

ნახ. 1 მოქმედი ძალები დახურული ტიპის დამწნეხ ბუნკერიან წნეხში

$$\left[p_m - (p_m + dp_m) \right] \frac{\pi D_k^2}{4} - \mu p_r \pi D_k dx = 0 \quad (1)$$

(1) განტოლების ამოხსნით ჩვენ მივიღეთ (2) განტოლება.

$$p_k = p_G \cdot e^{\frac{4 \lambda \mu H}{D_k}} \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

განტოლება (2) ასახავს დამოკიდებულებას, ღერძულ წნევასა p_k და საწინააღმდეგო წნევას p_G შორის, რომელიც მოქმედებს დასაწნეხ ბრიკეტზე. აღნიშნული მათემატიკური მოდელი შემუშავებული იქნა ევროპელ მეცნიერებთან ერთად. აღნიშნულმა მათემატიკურმა მოდელმა საშუალება მოგვცა გამოგვეთვალა ბრიკეტის ოპტიმალური სიგრძე, ოპტიმალური საწინააღმდეგო წნევა და ოპტიმალური სიგრძე დამწნეხი ბუნკერისთვის.

ამისათვის ჩვენ ჩავატარეთ ექსპერიმენტი ძირითადი ტექნოლოგიური და მასალების პარამეტრების შეფასების მიზნით და ვცადეთ გვეპოვა ფუნქციონალური დამოკიდებულება:

$$\rho = f(p, T, w_r, L) \quad (3)$$

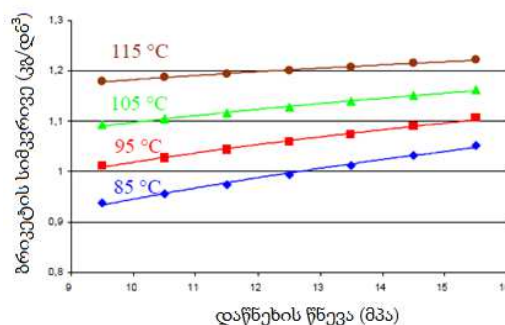
სადაც ρ – ბრიკეტის სიმკვრივეა (კგ/დმ³), p – ღერძული დამწნეხი წნევა (მპა), T – დაწნეხვის ტემპერატურა (°C), w_r – მასალების ფარდობითი ტენიანობა (%) და L – ფრაქციის ზომა (მმ).

ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ექსპერიმენტალური დანადგარი, რომელზეც განხორციელდა ექსპერიმენტი. ექსპერიმენტალური დანადგარი საშუალებას გვაძლევდა, შეგვეცვალა ზემოთაღწერილი პარამეტრები და მიგვეღწია სასურველი შედეგებისთვის მათემატიკური მოდელის შემუშავებისას.

გაზომილი მონაცემები დავამუშავეთ მათემატიკური და სტატისტიკური მოდელების საშუალებით, რის შემდეგაც, საშუალება მოგვეცა დაგვეწერა მათემატიკური მოდელის განტოლება (4):

$$\rho = e^{\left(\begin{aligned} &4,98371 - 0,0261781 \cdot p - 0,0410292 \cdot T - 0,620594 \cdot w_r - 0,015446 \cdot L + 0,000228845 \cdot p \cdot T + \\ &0,0031851 \cdot p \cdot w_r + 0,00528717 \cdot T \cdot w_r - 0,0000273004 \cdot p \cdot T \cdot w_r \end{aligned} \right)} \quad (4)$$

(4) განტოლების საშუალებით, ჩვენ გამოვთვალეთ ოპტიმალური ღერძული დაწნეხის წნევის სიდიდე, ევროპულ სტანდარტებში მოცემული ბრიკეტის სიმკვრივის მიხედვით. ნახ. 2 - ზე ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ, დაწნეხის წნევის დამოკიდებულება, სხვადასხვა ტემპერატურაზე, ბრიკეტის სიმკვრივესთან, რომელიც იქნა შექმნილი განტოლების (4) გამოყენებით.



ნახ. 2 დაწნეხის წნევის დამოკიდებულება სხვადასხვა ტემპერატურისას ბრიკეტის სიმკვრივეზე ($w_r=10\%$; $L=2\text{მმ}$)

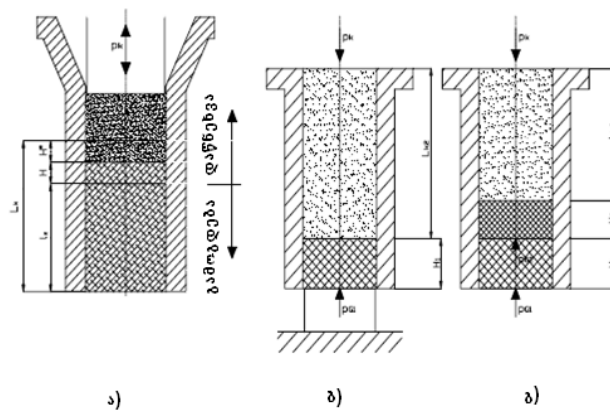
ჩვენ შეგვიძლია გამოვთვალოთ საწინააღმდეგო წნევა განტოლებიდან და ფუნქციონალური დამოკიდებულებიდან $p=f(p_k)$. საწინააღმდეგო წნევის მნიშვნელობა ძალიან მნიშვნელოვანია, იმიტომ, რომ რადიალური წნევის მნიშვნელობა ზემოქმედებას ახდენს დამწნეხი ბუნკერის სიგრძეზე. მაგალითისთვის ჩვენ გამოვიყენეთ ექსპერიმენტალური წნეხი.

ჩვენ ავირჩიეთ ღერძული წნევა p_k (ნახ. 2) მიხედვით ($p_k=15,9$ მპა), ამ წნევაზე, ჩვენ საშუალება გვაქვს მივაღწიოთ ბრიკეტების სასურველ ხარისხს. ხახუნის კოეფიციენტი, დაწნეხილ მასალას (ხის ნახერხი) და დამწნეხი ბუნკერის კედლებს შორის (ფოლადი) ცნობილია $\mu=0,35$. μ არის ფარდობა ძირითადი დეფორმაციების σ_r/σ_m . დისპერსიული მასალებისთვის ეს ფარდობა $0<\lambda<1$ ინტერვალებშია. დამწნეხი ბუნკერის სიგანე, ექსპერიმენტალური დანადგარის მიხედვითაა აღებული.

ბრიკეტის სიგრძის გამოსათვლელად, ასევე გვჭირდება შემჭიდროვების კოეფიციენტის ცოდნა ხის ნახერხისთვის. ეს არის მასალის მოცულობების ფარდობა შემჭიდროვების დასაწყისსა და დასასრულს შორის. ეს ფარდობა გამოთვლილი იქნა ბრიკეტის სიმკვრივიდან (15,9 მპა-ზე და 105 °C-ზე) და დამწნეხი ბუნკერის სიგრძიდან L_k . გამოთვლილი მოცულობათა ფარდობა ხის ნახერხისთვის, ჩვენ შემთხვევაში არის 1:8. ჩვენ შეგვიძლია გამოვთვალოთ ბრიკეტის სიგრძე ყველა ცდის დასრულებისას ექსპერიმენტალურ წნეხზე. აღვნიშნავთ, რომ დახურული დამწნეხი ბუნკერის შემთხვევაში თითოეულ ბრიკეტს გააჩნია განსხვავებული სიგრძე. ნახ. 3 - ზე ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ რა ხდება დახურული დამწნეხი ბუნკერის შემთხვევაში. ამის შემდეგ ჩვენთვის შესაძლებელია განვსაზღვროთ საძებნი საწინააღმდეგო წნევა p_G , ადრე გაანგარიშებული მონაცემების გამოყენებით.

ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საწინააღმდეგო წნევის მონაცემები იზრდება ბრიკეტის სიგრძის შემცირებასთან ერთად. დახურული დამწნეხი ბუნკერის შემთხვევაში თითოეული ბრიკეტის სიგრძე მოკლდება, რადგან თითოეული დაწნეხვის შემდეგ დამწნეხი კამერის სიგრძე მცირდება. ამ

შედეგებზე დაყრდნობით ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საწინააღმდეგო წნევა შემცირდება, თუ გაიზრდება ბრიკეტის დაწნევის ბუნკერის სიგრძე.



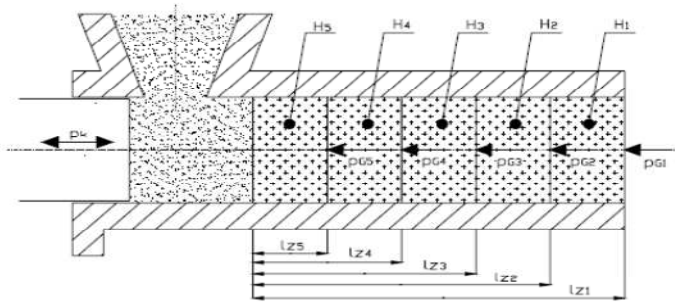
- ნახ. 3 ა) ერთლერძიანი დაწნევის პროცესი დახურული დამწნეხი ბუნკერით;
 ბ) პირველი ბრიკეტის დაწნევა + ფხვიერი მასალით შევსების პროცესი; გ) მეორე
 ბრიკეტის დაწნევა + ფხვიერი მასალით შევსების პროცესი;

საწინააღმდეგო წნევის გამოთვლები შეგიძლიათ იხილოთ ცხრილში 1.

ცხრილი 1 საწინააღმდეგო წნევის გამოთვლილი შედეგები დახურული დამწნეხი ბუნკერის შემთხვევაში

i	1	2	3	4	5
L_{ki} (მმ)	140	122,5	107,19	93,79	82,07
p_{Gi} (მპა)	39,84	45,74	51,59	57,35	62,87

ეს შედეგები, შეიძლება იქნას გამოყენებული, დამწნეხი ბუნკერის ოპტიმალური სიგრძის დასადგენად. ამ შედეგების მიღება, ღია ტიპის დამწნეხ ბუნკერში, მხოლოდ უწყვეტი დაწნევის გზით შეიძლება. ჩვენ ვცადეთ გამოგვეთვალა საწინააღმდეგო წნევა და დაგვედასტურებინა აღნიშნული თეორია ჰორიზონტალური ტიპის უწყვეტი წნეხის საშუალებითაც. ნახ. 3 - ზე შეიძლება დავინახოთ, თუ როგორ მიმდინარეობს დაწნევის პროცესი, ჰორიზონტალური უწყვეტი ქმედების წნეხში.



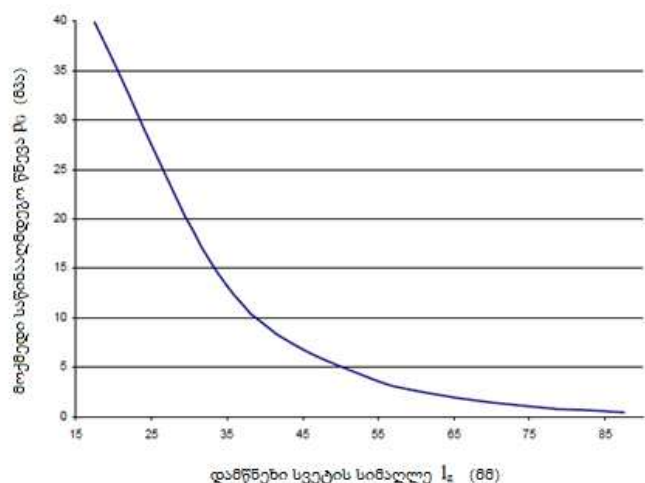
ნახ. 3 ღია დამწნებ ბუნკერში საწინააღმდეგო წნევის მოქმედება
უწყვეტი დაწნებისას

მთავარი განსხვავება, დახურული ტიპის დამწნებ ბუნკერთან, არის ის, რომ თითოეული დაწნებილი ბრიკეტის ზომა ერთმანეთის ტოლია. ბრიკეტები, რომლებიც დაიწნებენ, უწყვეტად გადაადგილდებიან მთელი წნების შიგნით. ბუნკერის ბოლო უნდა იყოს იქ, სადაც დაწნებილი ბრიკეტის სიმაგრე უფრო მაღალია ვიდრე მასზე მოსული დაწნევა. ჩვენ გამოვიყენეთ იგივე ექსპერიმენტალური დანადგარი ოღონდ ცდა ჩატარდა ბრიკეტირების უწყვეტი პროცესის თანხლებით. ცხრილში 2 წარმოდგენილია საწინააღმდეგო წნევის გამოთვლილი შედეგები.

ცხრილი 2 საწინააღმდეგო წნევის შედეგები ღია დამწნებ ბუნკერში უწყვეტი დაწნების დროს

i	1	2	3	4	5
l_{zi} (მმ)	87,5	70	52,5	35	17,5
p_{Gi} (მპა)	0,48	1,45	4,39	13,23	15,13

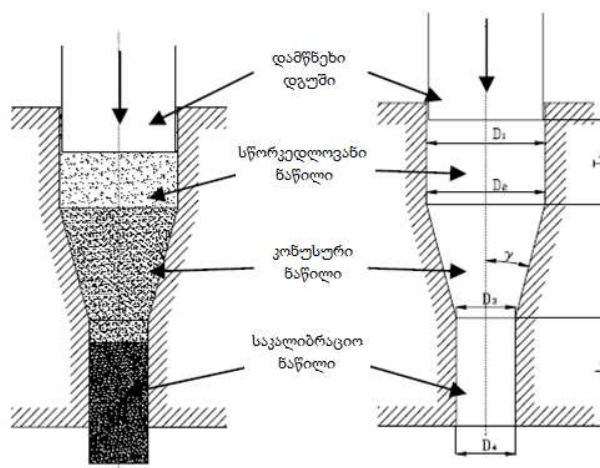
ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საწინააღმდეგო წნევა მცირდება დამწნები ბუნკერის სიგრძის ზრდასთან ერთად. ნახ. 4 - ზე ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ, საწინააღმდეგო წნევის დამოკიდებულება, დამწნები ბუნკერის სიგრძესთან. ეს დამოკიდებულება გამომდინარეობს წინა გამოთვლებიდან. ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ, რომ საწინააღმდეგო წნევა მაღალია, როდესაც დაწნევის ბუნკერის სიგრძე პატარაა და პირიქით.



ნახ. 4 საწინააღმდეგო წნევის დამოკიდებულება დაწნევის
ბუნკერის სიგრძესთან

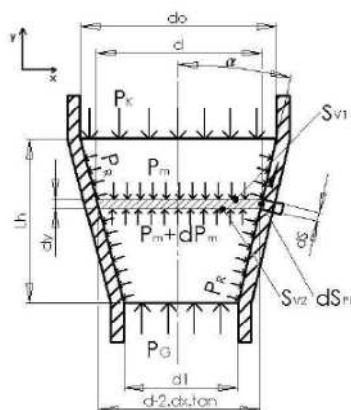
2.2 დაწნევის პირობები კონუსური კვეთის დამწნეხ ბუნკერში

დაწნევის პირობები, კონუსური ტიპის ბუნკერებისთვის, ცოტათი გართულებულია. რადგან დაწნეხა მიმდინარეობს, რამდენიმე ღერძული მიმართულებით. ამის გამო, დაწნეხის ხარისხი გაუმჯობესებულია - გაზრდილია ბრიკეტების სიმკვრივე და აგრეთვე, გაზრდილია ბრიკეტის მექანიკური თვისებები. მაგრამ, ამასთან გაზრდილია, ასევე დამწნეხი დგუმის ცვეთადობა. კონუსური ბუნკერის მქონე წნეხებისთვის არ არსებობს მათემატიკური მოდელი, ამიტომ ჩვენ ვცადეთ შეგვემუშავებინა მათემატიკური მოდელი, კონუსური დამწნეხი ბუნკერის მქონე წნეხისათვის.



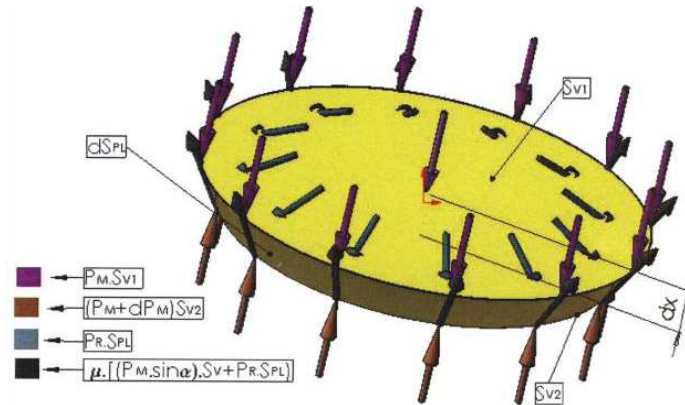
ნახ. 5 კონუსური დამწნეხი ბუნკერის მთავარი ნაწილი

დაწნეხის პრობემის უკეთესი აღწერისათვის ჩვენ ვიყენებთ ნახ. 6 - ს, სადაც ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ, ყველა მოქმედი წნევა და ძალები. მაქსიმალური ღერძული წნევა P_K დამოკიდებულია დამწნეხი ბუნკერის სიგრძეზე L , დამწნეხი ბუნკერის კვეთზე, კონუსური კამერის დახრის კუთხეზე და დაწნეხილი მასალის და დამწნეხი ბუნკერის კედელს შორის ხახუნის სიდიდეზე. ზედაპირის პირდაპირი ხახუნი გამომდინარეობს რადიალური წნევის P_R საპირისპირო წნევიდან P_M , რომელიც მოქმედებს ბუნკერის კედლებზე, წინააღმდეგობის კოეფიციენტით μ და დამწნეხი ბუნკერის სიგრძეზე L . იხ. ნახ. 6.



ნახ. 6 მასალის წნევის მიმდინარეობა კონუსურ დამწნეხ ბუნკერში

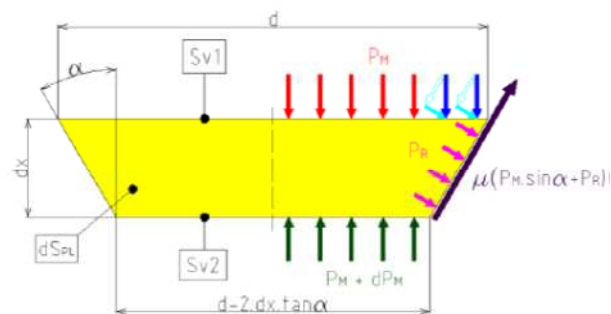
დაწნების პროცესის აღსაწერად კონუსური ნაწილი გავჭრათ გარკვეულ dx სისქეზე (ნახ. 7). ვერტიკალური მიმართულებით მოქმედი ღერძული დამწნები წნევა P_M , იწვევს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულების წნევებს $P_M + dP_M$, ხახუნის მოქმედების შედეგად, ასევე იზრდება პერპენდიკულარულად მოქმედი წნევა P_R დამწნები ბუნკერის კედლებზე.



ნახ. 7 წნევების განაწილება კონუსის კვეთის შიგნით

განტოლების შესაქმნელად, ჩვენ დაგვჭირდება, რომ ვიცოდეთ ზედაპირის ზომები, სადაც მოქმედებენ ინდივიდუალური წნევები. წნევების განაწილების მაგალითზე (ნახ. 8), ჩვენ შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი განტოლება:

$$P_M.S_{V2} + P_M.S_V - (P_M + dP_M).S_{V2} - \mu.(P_R + P_M.\sin \alpha).dS_{PL}.\cos \alpha = 0 \quad (4)$$



ნახ. 8 წნევების განაწილება კონუსის კვეთის მაგალითზე

ამ მოდელის საშუალებით, ჩვენ მოგვეცა შესაძლებლობა, გამოგვეთვალა კონუსური ტიპის დამწნები ბუნკერის ოპტიმალური სიგრძე,

ბრიკეტის ხარისხის სტანდარტებიდან გამომდინარე, ასევე მოგვეცა საშუალება, დაგვედასტურობინა დამწნეხი ბუნკერის კონუსურობის ეფექტურობა ბრიკეტების დამზადებისას.

2.3 დამწნეხ ბუნკერში წნევების განაწილების კანონზომიერებები

განვიხილოთ მყარი მასა, დამწნეხი ბუნკერის შიგნით, სხვადასხვა ზონაში (ნახ. 9 და ნახ. 10) და გარეთ დაწნეხვის განტოლების მიხედვით. ნახ. 10 - ზე წარმოდგენილია ძალების განაწილების სქემა და წნევათა დიაგრამა, რომლებსაც ადგილი აქვს დაწნეხვის პროცესში, ასევე მათი განაწილება დამწნეხი ბუნკერის გასწვრივ.

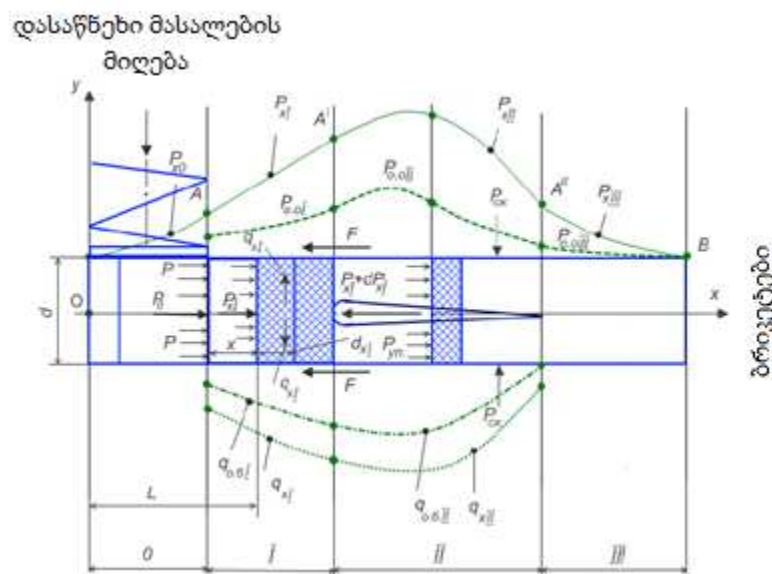
დამწნეხი ზონების თავისებურებები: OA (ზონა 0) - მასალის რაოდენობის წინასწარი დაგროვება მადოზირებელ ბუნკერში და მისი გადაადგილება ზონა I - სკენ, $P_{x1} = \sum_{-0.5d}^{+0.5d} dP$;

AAI (ზონა I) - ბრიკეტის პორციის დაწნეხვა დამწნეხი ბუნკერის სწორკედლოვან ნაწილში და მისი გადაადგილება ზონა II -სკენ - ღერძული წნევით P_{XI} ;

დამწნეხი არხი მჭიდროვდება, როდესაც დასაწნეხი მასალის ახალი პორცია გადაადგილდება მის შიგნით (ტრაექტორია OA). ბრიკეტის განსაზღვრული სიმკვრივის წარმატებულ მიღწევას განაპირობებს დაწნეხის პროცესში წარმოქმნილი პირველი ბრიკეტის პორციები, რომლებიც გზას უზღუდავენ ახალი ბრიკეტის პორციებს I-II-III ზონების მთელ სიგრძეზე (ტრაექტორია AB). როდესაც ხდება ბრიკეტზე მოქმედი დატვირთვის მოხსნა (დამწნეხი დგუში გადაადგილდება უკან და ტოვებს ბრიკეტზე ზემოქმედების არეს) დაწნეხილი ბრიკეტი განიცდის ელასტიურ გაჭიმვას.

ზიბგებს, რომელსაც განცდის ბრიკეტი, დამწნეხ ბუნკერში გადაადგილებისას განპირობებულია ხახუნის ძალებით F, რომელიც გამოწვეულია მყარი ბრიკეტის და დამწნეხი ბუნკერის შიდა კედლების

P_0 - დამწნები ორგანოს ღერძული წნევაა, რომელიც იცვლება კანონზომიერებით; d_x - ბრიკეტის პორციის ფენაა დამწნებ ბუნკერში; x - მანძილია დამწნები ორგანოდან ბრიკეტის პორციის ფენამდე; $P_{XI} + dP_{XI}$ - ბრიკეტზე მოსული წნევაა, P_{yn} - წნევაა ბრიკეტის ფორმირებამდე - სანამ ბრიკეტი წარმოიქმნება; q_x - გვერდითი წნევაა; F - ხახუნის ძალაა.



ბრიკეტის პერიმეტრის განივ კვეთზე მოქმედებს q_x გვერდითი წნევა, რაც წარმოადგენს ხახუნის ძალის F გამომწვევს. ეს ძალა მიმართულია დამწნეხ ბუნკერში ღერძული ძალის საპირისპიროდ, ძალა F არის:

$$F = f q_x \Pi_x dx, N \quad (8)$$

სადაც f - დასაწნები მასალების ხახუნის სტატიკური ფაქტორია დამწნები ბუნკერის კედლებთან, $f = 0,2 \dots 0,25$;

Π_x - დამწნები ბუნკერის განიკვეთის პერიმეტრია, მ.

ბალანსის განტოლებას დამწნებ ბუნკერში აქვს შემდეგი სახე:

$$p_x S - (p_x + dp_x) S - f q_x \Pi_x dx = 0 \quad (9)$$

საიდანაც,

$$dp_x = - \frac{f q_x \Pi_x dx}{S}, \quad (10)$$

სადაც S - დამწნები ბუნკერის გვერდითი ზედაპირის ფართობია, მ².

ნიშანი „მინუსი“ განტოლების მარჯვენა მხარეს გვიჩვენებს, რომ წნევა დაწნევის მიმართულებით მცირდება. $f \Pi_x / S$ გამოსახულების მნიშვნელობა მუდმივია. გვერდითი წნევა q_x დაწნევის დასაწყისისთვის იზრდება, ხოლო შემდეგ მცირდება, ამიტომაც საჭიროა ვიპოვოთ ფუნქციური დამოკიდებულება x -დან ან p_x - დან.

მზა ბრიკეტების გამოტვირთვისას, დამწნები ბუნკერიდან, საჭიროა ძალისხმევა, რადგან ისინი განიცდიან ნარჩენი ხახუნის ძალების F_0 მოქმედებას, რომელიც ბრიკეტის ელასტიური გაჭიმვის და დამწნები ბუნკერის კონუსური ბოლოს ხარჯზე იზრდება. აქედან გამომდინარე გვერდითი წნევა q_x შედგება ორი კომპონენტისგან: პირველი q_σ - გვერდითი წნევა, რომელიც იზრდება ღერძული წნევის ხარჯზე და პროპორციულია p_x :

$$q_\sigma = \xi p_x, \quad (11)$$

სადაც ξ - სიგრძის გრადიენტია $[\xi = \frac{\mu}{1 - \mu} = \text{const.}, \mu - \text{პოუსონის}$

ფაქტორია (0,29...0,31)].

მეორე $q_{0\sigma}$ - ნარჩენი გვერდითი წნევაა, გამოწვეული ნარჩენი დეფორმაციით, იგი არ არის დამოკიდებული ღერძულ წნევაზე.

აქედან სრული ნარჩენი წნევა:

$$q_x = \xi p_x + q_{os} \quad (12)$$

განტოლება 10 - ში q_x მნიშვნელობის ჩანაცვლებით განტოლება 12 - დან მივიღებთ:

$$\frac{dp_x}{\xi p_x + q_{os}} = -f dx \frac{\Pi_x}{S} \quad (13)$$

განტოლების მარცხენა მხარის ინტეგრირებით საზღვრებში p - დან p_x - მდე, ხოლო მარჯვენა მხარის 0 - დან x - მდე და მისი ამოხსნით p_x - თვის, ჩვენ მივიღებთ ღერძული წნევის ცვლილების კანონს, დამწნეხი ბუნკერის მთელ სიგრძეზე, მისი კონუსური დაბოლოების გათვალისწინების გარეშე:

$$p_x = \left(p + \frac{q_{os}}{\xi} \right) e^{-\frac{f\xi\Pi_x}{S}} - \frac{q_{os}}{\xi} \quad (14)$$

გვერდითი წნევის q_x ცვლილების კანონი დამწნეხი ბუნკერის მთელ სიგრძეზე არის:

$$q_x = (\xi p + q_{os}) e^{-\frac{f\xi\Pi_x}{S}} \quad (15)$$

ბრიკეტირებისას დადასტურებულია, რომ ნარჩენი გვერდითი წნევა, გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე წნევის ზრდა, რომელიც წარმოიქმნება ღერძული წნევის მოქმედების შედეგად. ამ დამოკიდებულებაში, ნარჩენი გვერდითი წნევის იგნორირებით, დამწნეხი ბუნკერის სიგრძე L შესაბამისი სიზუსტით შეიძლება განისაზღვროს:

$$pS \geq f\xi\Pi_x L p, \quad (16)$$

სადაც f - ხახუნის სტატიკური ფაქტორია.

პროფესორ ს. ვ. მელნიკოვის მონაცემებზე დაყრდნობით $f = 0,2...0,25$, როცა $T = 293 \text{ K}$ და $p = 21 \text{ მპა}$ და $f = 0,08...0,1$, როცა $T = 373 \text{ K}$ და $p = 21 \text{ მპა}$, საიდანაც:

$$L = \frac{S}{f\xi\Pi_x}, \quad (17)$$

ცილინდრული ფორმის დამწნეხი ბუნკერისთვის:

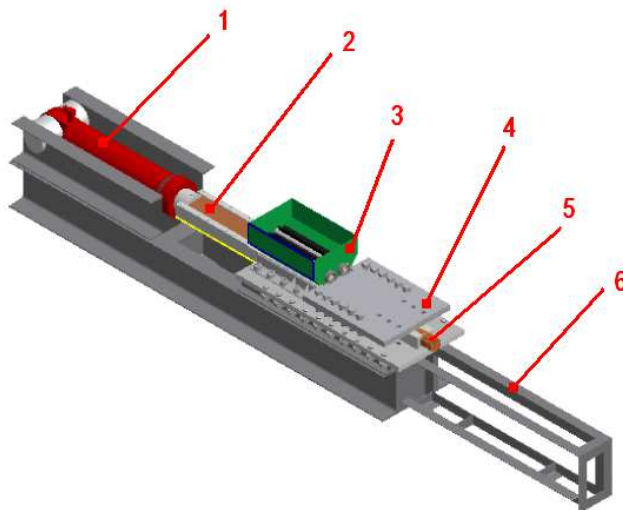
$$L = \frac{d}{4f\xi}, \quad (18)$$

სადაც d - დამწნეხი ბუნკერის დიამეტრია, მ.

2.4 უნივერსალური დამწნეხი მოწყობილობა ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის წარმოებისათვის

ყოველივე ზემოთ აღწერილი კვლევების საფუძველზე, ჩვენს მიერ გადაწყვეტილი იქნა, შექმნილიყო უნივერსალური დამწნეხი მოწყობილობა, რომელიც გაითვალისწინებდა ყველა ზემოქმედებით ფაქტორებს, მყარი ბიოსაწვავის ფორმირებისთვის.

აღნიშნული მიზნით, ჩვენს მიერ შექმნილი იქნა მყარი ბიოსაწვავის 5 დამწნეხი მოწყობილობის (ნახ. 10) ექსპერიმენტალური საცდელი მოდელი მეტალში, რათა თეორიული კვლევების შედეგები შემოწმებულიყო უშუალოდ მუშა დანადგარზე. პირველ ექსპერიმენტალურ მოდელს გააჩნდა ჰიდრავლიკური ამძრავი, ცილინდრი 1, დგუშით 2, ბუნკერი მასალებისათვის 3, დამწნეხი ბუნკერი 4 და ბრიკეტის გამომტანი ღარი 6.

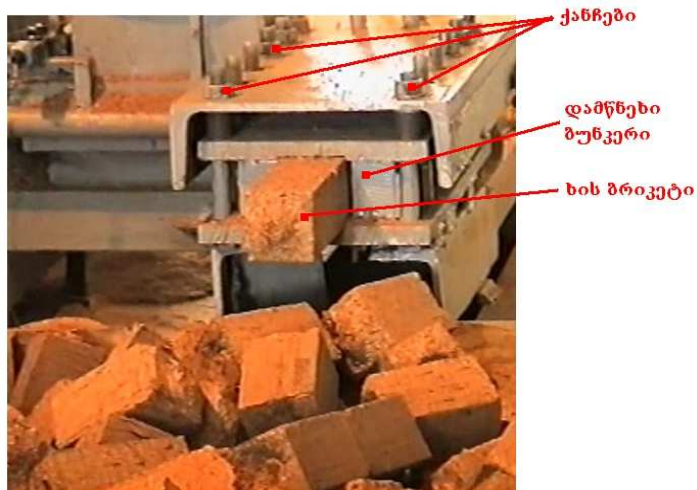


ნახ. 10 პირველი ექსპერიმენტალური დანადგარის ნიმუში

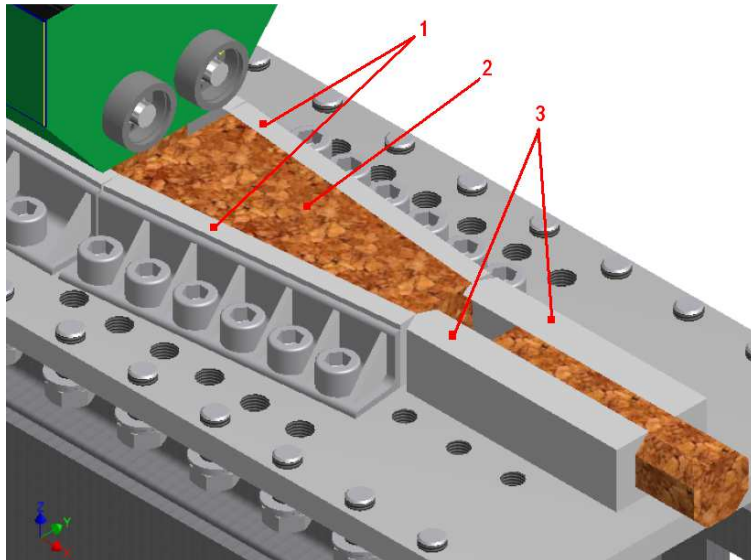


ნახ. 11 პირველი ექსპერიმენტალური დამწნეხი მოწყობილობა
მუშა პროცესისას

აღნიშნული მოდელი (ნახ. 11) წარმატებით იქნა გამოცდილი ხის ნახერხის ბრიკეტირების პროცესისას, მისი დამწნეხი ბუნკერი წარმოადგენდა ოთხკუთხედი განიკვეთის ფორმის ფოლადის პროფილებში მოქცეულ სხეულს (ნახ. 12), რომლის რეგულირება ხორციელდებოდა დამჭიმავი ქანჩების საშუალებით.



ნახ. 12 დამწნეხი მოწყობილობა ოთხკუთხედი განიკვეთის დამწნეხი ბუნკერით



ნახ. 13 დამწნეხი ბუნკერის ხედი

დამწნეხ ბუნკერში (ნახ. 13) მოხვედრილი ხის 10-12 % სინესტის მქონე ნახერხი 2, ბუნკერის კონუსური ნაწილიდან 1, დგუშის საშუალებით წაინაცვლებდა დამწნეხი ბუნკერის დამფორმებელი ნაწილისკენ 3, რის დროსაც ნახერხზე მოქმედი მრავალღერძიანი დაწნევა, როგორც ეს აღწერილი იქნა ბუნკერის გეომეტრიების შესწავლისას ზემო თავში, მოქმედებდა ფხვიერ მასალაზე და ახდენდა მის გადანაცვლებას უკვე დამფორმებელი 3 ნაკვეთურისკენ. ბრიკეტების დროს მოცულობის მკვეთრი შემცირება (ნახერხის მოძრაობა კონუსური ნაწილიდან დამფორმებელი ნაწილისკენ) აღძრავდა ხახუნის და წინააღმდეგობის ძალებს, რის შედეგადაც გამოთავისუფლებული ენერგია სითბოს სახით იწვევდა ხის ბოჭკოებიდან ლიგნინის გამოყოფას, რაც განაპირობებდა წარმოქმნილი ბრიკეტის შიგნით და ზედაპირზე ნაწილაკების ურთიერთ შეკავშირებას.

აღნიშნული კონსტრუქცია თავისი კონსტრუქციული თავისებურებების გამო, კერძოდ, მაღალი მგრძნობიარობით დასაწნეხი მასალების გეომეტრიული მახასიათებლების ცვლილების მიმართ, გამოირჩეოდა მაღალი მგრძნობიარობით, რის გამოც საჭიროებდა დამწნეხი

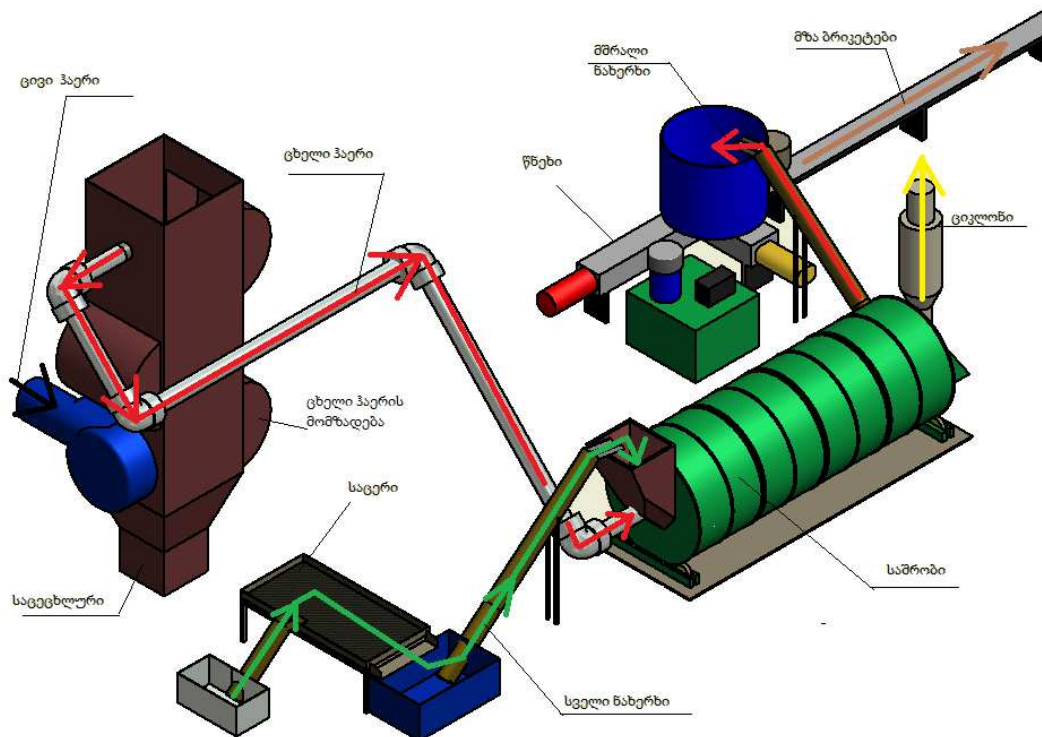
ბუნკერის კონუსური ნაწილი კონსტრუქციის რეგულირებას დროდადრო, რაც თავისებურ სიძნელეებთან იყო დაკავშირებული. მაგალითად, თუ დასაწნები მასალის სინესტე ან ფრაქციის ზომა შეიცვლებოდა ბრიკეტირებისას, საჭირო ხდებოდა დამწნები ბუნკერის კონუსური ნაწილის კუთხის გაზრდა მრავალღერძიანი დაწნევის წინააღმდეგობის ძალების შემცირებისათვის, რათა დამწნებ დგუმს მოეხდინა ბრიკეტირებული ნახერხის გადაადგილება დამწნები ბუნკერის დამფორმებელი ნაკვეთურისკენ. მაგრამ, თუ, იგივე მიზეზებით (დასაწნები მასალების პარამეტრების ცვლილება), საჭირო ხდებოდა დამწნები ბუნკერის კონუსური ნაწილის კუთხეების შემცირება, აღნიშნული შეუძლებელი ხდებოდა მასში მჭიდროდ დაჭირხნილი ნახევრად ჩამოყალიბებული ბრიკეტის გამო, რადგან ჩამოყალიბებული ბრიკეტი შეუძლებელს ხდიდა კუთხეების შემცირებას, რის გამოც საჭირო ხდებოდა მთლიანი დამწნები ბუნკერის გამოტვირთვა, და კუთხეების დარეგულირება. აღნიშნული უარყოფითი მხარის გამო გართულებული იყო აღნიშნული დამწნებ - მახრიკეტირებელი მოწყობილობის ექსპლუატაცია.



ნახ. 14 საშრობიდან გამოსული დასაწნები მასალების მახასიათებლების შემოწმება

მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული მოვლენა ატარებდა იშვიათ ხასიათს, იმის გამო, რომ ბრიკეტირების ტექნოლოგიური პროცესი (ნახ. 14 და 15) მიმდინარეობდა ჩვენს მიერ შემუშავებული სრული ტექნოლოგიური

ციკლით (ნახერხის მიღება, ნახერხის დახარისხება - სეპარაცია, ნახერხის ტენიანობის განსაზღვრა, ნახერხის შრობა 10 – 12 % და შემდგომ ბრიკეტირება) საჭიროდ ჩავთვალეთ და გავაუმჯობესეთ წნეხის კონსტრუქცია ისე, რომ იგი სრულიად დამოუკიდებელი გახდა დასაწნეხი ბიომასალების ძირითადი ფიზიკური და გეომეტრიული ფაქტორების ზეგავლენისგან.

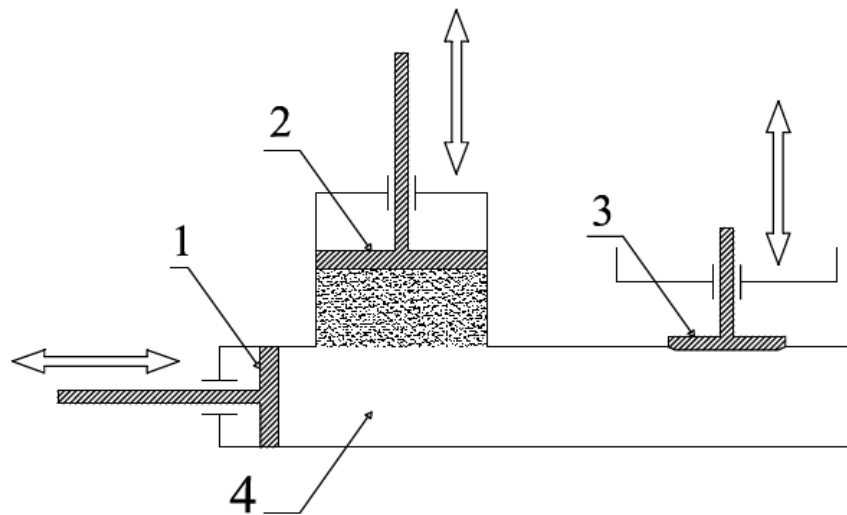
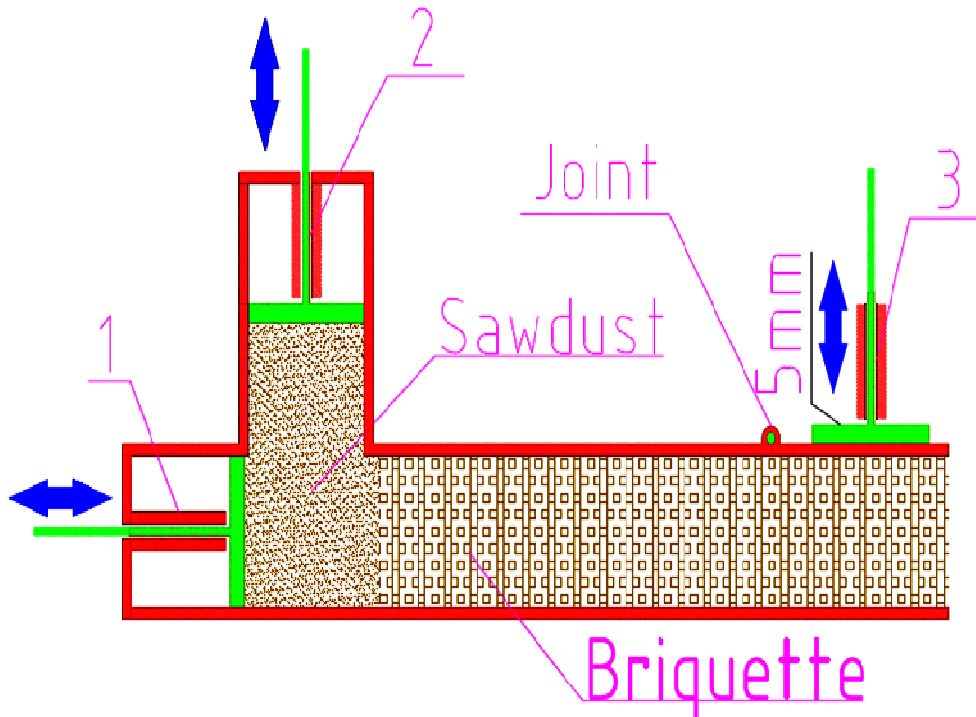


ნახ. 15 ბრიკეტის სრული ტექნოლოგიური ხაზის სქემა

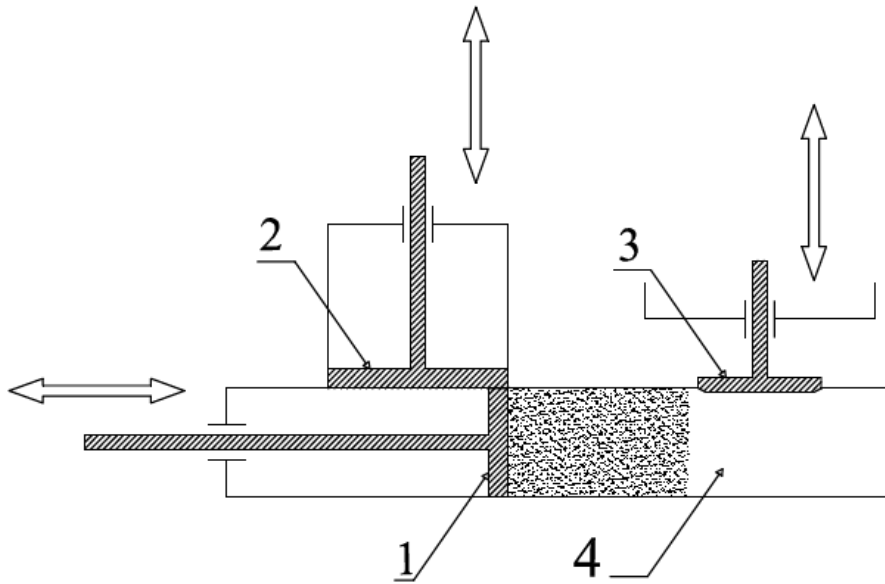
ზემოთაღწერილი კვლევების საფუძველზე ჩვენს მიერ მოხდა დამწნეხი მოწყობილობის კონსტრუქციის გაუმჯობესება, რის საფუძველზეც ჩვენ მივიღეთ დამწნეხი მოწყობილობა დამატებითი დგუშით 3, რომელიც დამწნეხი ბუნკერის დამატებას წარმოადგენს (ნახ. 16).

სქემაზე (ნახ. 16) პირობითად ნაჩვენებია დამწნეხი მოწყობილობა, რომელსაც გააჩნია მთავარი დამწნეხი დგუში 1, მასალების შემომტანი დგუში 2 და დამწნეხი ბუნკერის ბოლოში, ერთ-ერთ კედელზე დამწოლი

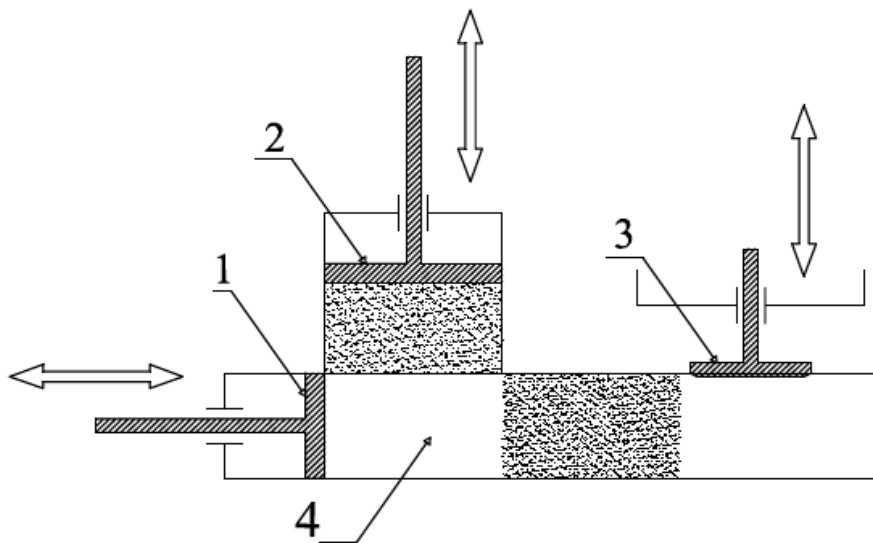
დგუში 3, რომელიც ემსახურება დამწნებ ბუნკერში სასურველი წინააღმდეგობის ძალების შექმნას, რაც ერთ-ერთი საფუძველია ხარისხიანი ბრიკეტის ჩამოსაყალიბებლად.



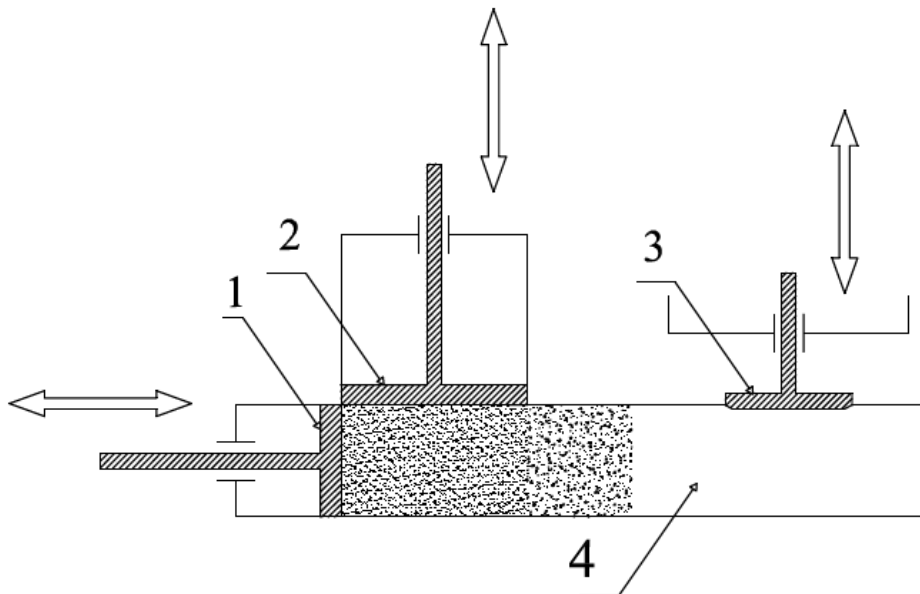
დგუში 1 საწყის პოზიციაშია,
დგუში 2 გადაადგილებს მასალას
დამწნები ბუნკერის შიგნით



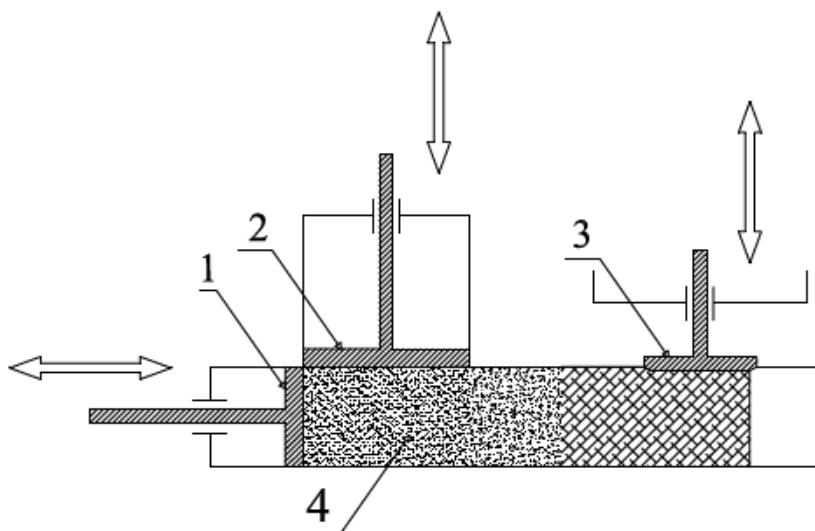
დგუში 1 გადაადგილებს მასალას
დამწნეხი ბუნკერის შიდა არეში,
დგუში 2 ბრუნდება სავყის პოზიციაზე



დგუში 1 ბრუნდება სავყის პოზიციაზე
დგუში 2 აწვდის მასალის ახალ პორციას
დამწნეხ ბუნკერს 4



დგუში 1 გადაადგილებს მასალის
ახალ პოზიციას დამწნეხი
ბუნკერის 4 შიგნით



დგუში 3 ახდენს დავოლას დამწნეხილ
ბრიკეტზე და არ აძლევს საშუალებას
დატოვოს დამწნეხი ბუნკერი საბოლოო
დაფორმებამდე

ნახ. 16 დამწნეხი მოწყობილობის სქემა დამატებითი დგუშით

აღნიშნული დამატებითი ცილინდრის დანიშნულება შემდეგში მდგომარეობს:

როგორც ჩვენმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ ხის ნახერხის ბრიკეტებისას, საჭირო დამწნეხი ძალა მერყეობა $P=14\div 18$ მპა ფარგლებში, მაშასადამე, რომ მივიღოთ აღნიშნული დაწნეხის ძალები ნახერხის ნაწილაკებზე უნდა შევქმნათ მისი ტოლი ან მცირედით უფრო ნაკლები საწინააღმდეგო დაწნევა დამწნეხი ბუნკერის არეში. იმისათვის, რომ აღნიშნული საწინააღმდეგო ძალების რეგულირება შეგვძლებოდა წინა ექსპერიმენტალურ დამწნეხის კონსტრუქციაში, გვიწევდა დამწნეხი ბუნკერის კონუსური ნაწილის კუთხეების ცვლილება, რათა შეგვენარჩუნებინა დამწნეხი ცილინდრის დგუმის მიერ განვითარებული წნევის საპირისპირო წნევა დამწნეხ ბუნკერში. ახალი კონსტრუქციის შემთხვევაში კი აღნიშნული საწინააღმდეგო ძალის სიდიდეს დამატებითი დამწნეხი ცილინდრი 3 განაპირობებს. იგი განთავსებულია დამწნეხი ბუნკერის ბოლოში დამწნეხი ბუნკერის ერთ-ერთი, ჩვენ შემთხვევაში ზემოთა სახსრულად მოძრავი კედლის თავზე. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ცილინდრის დგუმი 3 აწვება კედელს და არ აძლევს საშუალებას ბრიკეტს დატოვოს დამწნეხი ბუნკერი, მანამ, სანამ ცილინდრის დგუმის 1 დაწნევის ძალა არ მიაღწევს დასაწნეხი მასალის ოპტიმალური დაწნევისათვის საჭირო სიდიდეს. აღნიშნული დამატებითი ცილინდრის დგუმის საშუალებით (ნახ. 17), ასევე შეგვიძლია ვარეგულიროთ დაწნეხის დაყოვნების დრო, რომლის რეგულირება საშუალებას გვაძლევს ბრიკეტის ხარისხზე მოქმედი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრის - დაწნეხის ტემპერატურის საშუალებით ვიმოქმედოთ ხის ბოჭკოებში არსებული შემაკავშირებელი ნივთიერების - ლიგნინის გამოყოფაზე, რაც განაპირობებს დაწნეხილი ბრიკეტის ზედაპირის მკვრივი არაჰიგროსკოპიული შრით დაფარვას. ანუ იმისათვის, რომ გავზარდოთ დაწნეხის ე.წ. დაყოვნების დრო საჭიროა დგუმის 3

დაწნევის ძალის P_v სიდიდე აღემატებოდეს დამწნეხი ცილინდრის დგუშის 1 დაწნევის ძალის P_s სიდიდეს ($P_v \geq P_s$).

წარმოქმნილი არაჰიგროსკოპიული შრე ბრიკეტის ზედაპირზე გარანტიაა იმისა, რომ ბრიკეტების შენახვისას არ მოხდება ატმოსფეროში არსებული ტენის შთანთქმა, არ ექნება მტვერის წარმოქმნას ადგილი ბრიკეტების ტრანსპორტირებისას, თუ გადაზიდვისას, რაც შეიძლება უხერხულობის (ბრიკეტის დაშლა ტენის გამო, მტვერი და ა.შ.) გამომწვევი იყოს მომხმარებლისთვის, ამასთან, როგორც ცნობილია ნებისმიერი მტვერი და მცირე ნაწილაკები ძალიან ცუდად მოქმედებენ ადამიანთა სასუნთქ ორგანოებზე.



ნახ. 17 დამწნეხი მოწყობილობა დამატებითი დამწოლი ცილინდრით

როდესაც მიღწეული იქნება სასურველი დაწნეხვის წნევა, ხდება მესამე დამწნეხი ცილინდრის დაწნეხვის ძალის P_v მოხსნა დამწნეხი ბუნკერის კედლიდან, რის შემდეგაც დაწნეხილი და დაფორმებული ბრიკეტი იმის გამო, რომ იმყოფება დამაბულობის ქვეშ, ინერციით გადაინაცვლებს დამწნეხი ბუნკერის გამოსასვლელისკენ, სადაც ხდება მისი გაგრილება. გაგრილებული ბრიკეტები იჭრება ოპტიმალურად წვისათვის განსაზღვრულ სიგრძეზე, როგორც ეს გამოკვლეული იქნა ზემოთ და იფუთება ტომრებში. ამის შემდეგ მყარი ბიოსაწვავი ხის ნახერხის ბრიკეტების სახით მზადაა გამოყენებისათვის.

3. დასკვნა

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებული შედეგები, შემდეგი ძირითადი დასკვნების გაკეთების საშუალებას გვაძლევს:

1. ეკოლოგიურად სუფთა მყარი ბიოსაწვავი - ბრიკეტების სახით წარმოადგენს მაღალი კალორიულობის მქონე ენერგო პროდუქტს, რომლის მიმართ მიღევადი ენერგო რესურსების ფონზე მოთხოვნა ყოველწლიურად იზრდება, რაც საბოლოო ჯამში აღნიშნული საწვავის მიმართ მოთხოვნას კიდევ უფრო გაზრდის.

2. განსხვავებით ნავთობისგან, გაზისგან და ქვანახშირისგან ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის გამოყენება მისი წვის შედეგად გამოყოფილი ბევრად უფრო მცირე მავნე აირების (ნახშირორჟანგი, გოგირდი, ნახშირბადის მონოქსიდი და ა.შ) გამო მნიშვნელოვან ეფექტს იქონიებს ჩვენი ქვეყნის ეკოსისტემაზე, რაც საშუალებას მოგვცემს გავიუმჯობესოთ ეკოლოგიური პირობები და დავიცვათ ჩვენი ქვეყნის ფლორა და ფაუნა.

3. საქართველოს რეგიონებში სათბობად გამოყენებულ ტრადიციულ საწვავთან - შეშასთან შედარებით, ეკოლოგიურად სუფთა მყარი ბიოსაწვავის - ბრიკეტის ღირებულება გაცილებით ნაკლებია, მიუხედავად მისი მაღალკალორიულობისა.

4. ბრიკეტირების პროცესის მრავალჯერადი შესწავლის საფუძველზე მთლიანად მოხდა გაანალიზება ბრიკეტირებისას მიმდინარე პროცესების, რამაც საშუალება მოგვცა, მიგვეღწია ბრიკეტირების სასურველი ხარისხისთვის, რომელიც განსაზღვრულია საერთაშორისო სტანდარტებით.

ჩატარებული იქნა, მრავალჯერადი ცდები და კვლევები, მასალათა ბრიკეტირებისას პროცესზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლისათვის, გაკეთებული იქნა შედარებითი კვლევები მანქანათა არსებული ტიპების

ქარხნული მონაცემების გათვალისწინებით, შესრულებული იქნა რამდენიმე ცდა დამწნეხი ბუნკერის გეომეტრიის შესწავლისთვის.

5. თანამედროვე ანალიზური მეთოდების გამოყენებამ, სიმულაციების და მათემატიკური მოდელების დახმარებით საშუალება მოგვცა მთლიანად შეგვესწავლა ბრიკეტირების ჰიდრავლიკურ დგუშიან მექანიზმებში მიმდინარე პროცესები, აღნიშნული მექანიზმების გეომეტრიული ნიუანსების გათვალისწინებით, ისევე, როგორც ბრიკეტირების დროს დასაწნეხი მასალების ფიზიკური - მექანიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით სრულად მიგვეახლოებინა მათემატიკური მოდელის სტრუქტურა ბრიკეტირებისას მიმდინარე პროცესებთან. ექსპერიმენტალურ ლაბორატორიული ხელსაწყოების საშუალებით, სრულად მოხდა მათემატიკური მოდელირებით მიღებული შედეგების გადამოწმება და დასაბუთება.

6. ყველა აღნიშნული კვლევების საფუძველზე შექმნილი იქნა საწარმოო ექსპერიმენტალური დანადგარი, რაშიც გათვალისწინებული იქნა ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგები. საწარმოო ექსპერიმენტალური დანადგარის ბაზაზე შესრულებული იქნა მისი კონსტრუქციული დახვეწის სამუშაოები, რის შედეგადაც მიღებული იქნა საიმედო კონსტრუქცია, რომლის მუშაობა მთლიანად უზრუნველყოფს ჩატარებული კვლევებისას აღმოჩენილი და გამოკვლეული ზემოქმედებითი ფაქტორების (სინესტე, დაწნეხვის წნევა, დაწნეხვის ტემპერატურა, ფრაქციის ზომა, ენდემურობა და ა.შ.) მიმართ სტაბილურობას, რაც აისახება ბრიკეტის საბოლოო ხარისხზე - სიმკვრივეზე.

7. კომპიუტერული გრაფიკული ანალიზის საშუალებით შესრულებული იქნა ჩვენს მიერ შექმნილი უნივერსალური დამწნეხი მოწყობილობის ძირითადი საკვანძო დეტალების კვლევა მათი მედდეგობის შესწავლის მიზნით, რის საფუძველზე დადასტურებული იქნა აღნიშნული დეტალების მედდეგობა და უსაფრთხოება, რაც ადასტურებს ჩვენს მიერ შექმნილი დამწნეხ - მაბრიკეტირებელი მოწყობილობის საიმედოობას.

Abstract

Almost impossible to imagine the modern world without the energy sources. Energy demand is increasing every year due to the growth of technology and house holding level. In general, an increase of energy consumption was due to the inexhaustible energy sources such as oil, natural gas, coal, peat, etc.

Due to these reasons, investigation and use of alternative energy resources, for the modern world is topical issue. Georgia has same problems regarding it, because it is an energy dependent country, in which additionally the population has difficult economical situation as well as a country.

Production of alternative fuels – named as biofuel become more and more topical for all round of world. For manufacturing these kind of fuels, may be used all the biological origin of raw materials.

One kind of these biofuels is a solid biofuel, which manufacturing requires significant technological processes, such as dry, separation, pressing - briquetting and others.

Georgia has a huge stock of biological wastes and residues such are farm - agriculture (sunflower, corn, nuts, fruit, etc.) residues, as well as wood - processing waste (sawdust, branches, leaves, etc.).

By the raw material processing can be derived biofuel, which will significantly reduce using expensive energy resources into the country.

For solving this issue technological equipment is importantly needed, which costs several thousand Euros on the modern market. Additionally, above mentioned biofuel industry needs to establish correct regime parameters which used for determination the local bio residues properties in order to achieve a high degree quality of biofuel.

The technological line includes dryer, separation equipment, transferring raw material conveyor, briquetting equipment and finished product output line.

Therefore, since the production of biofuel become even more urgent at present day, some of the issues were raise up before us:

- A) Create high performance modern technological line, particularly high reliability and efficiency of the drying and pressing equipment;
- B) Establish regime parameters for briquetting process;
- C) Establish main characteristics of the raw materials, which will influence on the biofuel briquetting process;
- D) Evaluate the quality and conductance of briquetting biofuel.

To study these issues in our research works we have been perform many investigations in different directions. In particular, was studied the modern market and pressing machines, was analyzed their structural advantages and disadvantages, was studied bio wastes, such as how wood sawdust impact of the vehicles on the working bodies, was studied the regime parameters affecting

factors such as raw material dispersion, humidity, pressing temperature, pressing pressure and so forth.

After experimental research of these issues has been developed pressing device design, was manufactured this design in the metal construction and the construction was investigated of an experimental study of strength, efficiency and product quality study.

After analyzing the obtained results during the experiments, were produced modern high performance pressing equipment for solid biofuel briquettes manufacturing.

The thesis presents the results of research that has enabled us to create modern high-efficiency pressing equipment, find out the optimal parameters of high-quality solid biofuel regime - to produce briquettes.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Research and optimization processes of briquetting for ecological clean bio-fuel by usage universal briquetting device.

5th GEORGIAN-GERMAN SCHOOL AND WORKSHOP IN BASIC SCIENCE, CGSWHP 2012 GEORGIA, TBILISI, BATUMI, www2.fz-juelich.de/ikp/cgswhp

2. ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის წვის ეფექტურობის გაზრდა პიროლიზური ღუმელის გამოყენებით.

სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“
გვ. 8-12 ISSN 1512-3537 N1 (26) 2013 წელი

3. დამწნეხი მანქანის დამწნეხი კამერის გეომეტრიის ოპტიმიზაცია.

სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“
გვ. 3-12 ISSN 1512-3537 N2 (27) 2013 წელი

4. ბიონარჩენების ბრიკეტირების პროცესი ჰიდრაულიკური წნეხის საშუალებით.

სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“
გვ. 24-29 ISSN 1512-3537 N2 (27) 2013 წელი